

# BANCO DE SENSORES PARA UN LABORATORIO DE ALUMNOS

J. Lozano Rogado, F.J. Franco Peláez, J.A. Agapito Serrano  
Dept. Electrónica. Facultad de Físicas. Universidad Complutense de Madrid  
Ciudad Universitaria. 28040 MADRID. Telf.: 91 394 4434. Fax: 91 394 5196  
e-mail: jesloz@fis.ucm.es

## Resumen

*Se propone en esta comunicación un experimento para facilitar que los alumnos comprendan los principios básicos relacionados con los sensores, circuitos acondicionadores de señal y adquisición de datos con un ordenador. El sistema se basa en un módulo que acondiciona la señal procedente de los sensores y una tarjeta de adquisición de datos*

**Palabras Clave:** sensores, tarjetas de adquisición de datos, control por ordenador.

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos cursos de las titulaciones en electrónica es necesario consolidar los conocimientos teóricos adquiridos mediante trabajos prácticos. Este sistema ha sido desarrollado para permitir a los alumnos entrar en contacto con sensores, tarjetas de adquisición de datos, amplificadores de señal, en definitiva, con un sistema de instrumentación real.

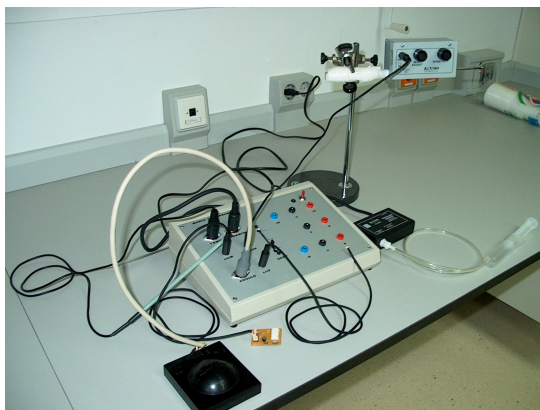


Figura 1: Unidad central del banco de pruebas de sensores.

En la figura 1 se muestra una fotografía del sistema que va conectado al ordenador, en la que se puede reconocer la unidad central que incorpora los circuitos acondicionadores de señal, las fuentes de alimentación, etc. y los sensores [1].

El objetivo de este trabajo se concentra en el diseño e implementación de un sistema completo para la medida de magnitudes físicas mediante sensores y la visualización y almacenamiento de los datos en el ordenador. Este sistema se ha diseñado para su uso en el laboratorio, por lo que es necesario un diseño robusto y compacto y la utilización de componentes de bajo coste.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

Este banco de pruebas de sensores se ha diseñado para medir en el laboratorio varias magnitudes físicas. En este caso se han utilizado 8 sensores diferentes para medir temperatura, humedad, presión, fuerza, desplazamiento, ángulo de inclinación y luminosidad. El sistema incorpora los circuitos acondicionadores de señal necesarios para adaptar los valores proporcionados por los sensores a los rangos de medida de tensión de la tarjeta de adquisición de datos acoplada en el ordenador. Además la unidad central también proporciona las tensiones de alimentación de los sensores y amplificadores.

El control de las medidas se realiza mediante un ordenador personal con una tarjeta de adquisición de datos de propósito general. Se ha diseñado un programa de control que ejecutado en Windows se encarga de medir todos los parámetros de los sensores de una forma manual o automatizada utilizando una interfaz de usuario amigable y fácil de usar. La visualización de los resultados se realiza de una forma clara al utilizar displays y gráficas para mostrar las medidas. El usuario también puede almacenar los datos seleccionados en un fichero.

El sistema puede ser utilizado para la medida de varias magnitudes físicas con distintas aplicaciones como estación meteorológica, control de temperaturas, control de procesos y aplicaciones didácticas en el campo de la instrumentación y los sensores.

Otra característica del sistema es la flexibilidad del mismo para cambiar el tipo de los sensores o añadir algunos nuevos ya que se ha diseñado para un rango amplio de tipos de sensores.

### 3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA.

En la figura 2 se muestra la estructura del banco de pruebas de sensores, en el que se pueden distinguir las siguientes partes del sistema:

- Sensores.
- Unidad central.
- Ordenador.

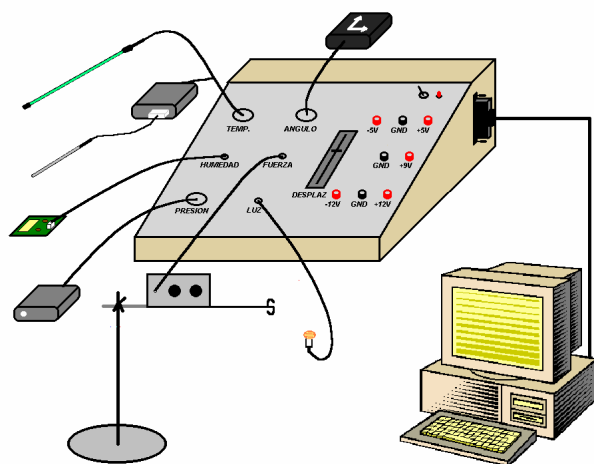


Figura 2: Arquitectura del sistema.

Los sensores capturan la magnitud física que se pretende medir y la transforma en una información eléctrica como una tensión, corriente o resistencia eléctrica, según esta característica se puede distinguir entre varios tipos de sensores [2]. Los sensores utilizados no son de una gran precisión sino que son preferibles aquellos que tengan una mayor facilidad de uso, van conectados a la unidad central mediante conectores apropiados al número de pines de entrada/salida del sensor.

La unidad central contiene los acondicionadores de señal y las fuentes de alimentación para adaptar la salida de los sensores a la magnitud y valor apropiado a la entrada de la tarjeta y proporcionar las tensiones necesarias para polarizar y alimentar los sensores, los circuitos y otros elementos externos. Para conseguir estos requerimientos se ha diseñado una placa de circuito impreso que contiene las fuentes de alimentación a partir de reguladores [3] y los amplificadores y transductores de señal para adaptar la señal de salida de los sensores a valores de tensión aceptables para la tarjeta, para ello se han utilizado las configuraciones básicas con amplificadores operacionales [4].

El ordenador lleva instalada una tarjeta de adquisición de datos Keithley DAS-800, que es una tarjeta de propósito general de altas prestaciones con 8 canales de lectura analógica, 4 salidas y entradas

digitales, Circuitería contador/temporizador de 8254 en placa, Disparo digital, Registros FIFO de cuatro palabras, Fuentes de interrupción, etc. [5].

### 4 PROGRAMA DE CONTROL.

El programa de control se realiza utilizando el programa Testpoint, que es un lenguaje orientado a objetos dedicado al control de instrumentación. [6]

El programa se compone de una serie de objetos. Normalmente un objeto tiene asociado un valor o estado y una 'lista de acción'. La 'lista de acción' consiste en una rutina que se ejecuta cada vez que el valor o estado del objeto cambia. El evento o alteración del valor o estado del objeto, y por lo tanto la ejecución de su 'lista de acción', se puede producir de dos maneras posibles:

- Desde su correspondiente panel o ventana (evento "on line"), en cualquier momento de la ejecución del programa.
- Desde la propia ejecución del programa (evento programado), asociado a otros eventos.

El programa consta de varias subrutinas principales que gestionan la medida de cada sensor y se ejecutan todos de forma secuencial en el caso de que se efectúe una medida automática. La frecuencia con la que se repite el ciclo de medida la selecciona el usuario.

#### 4.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa se organiza en subrutinas, así es que cada subrutina se encarga de ejecutar una parte del programa completo, cuando se realiza la acción de medida, varias subrutinas correspondientes a la medida de cada sensor son ejecutadas secuencialmente. En la figura 3 se puede ver un ejemplo de la lista de acciones de una subrutina que mide la temperatura mediante uno de los sensores.

Medir Temperatura		
(Banco de Sensores\Medir Temperatura)		
Action list for Pushbutton object "Medir Temperatura":		
1)	Sample A/D	A/D1 once, channel(s)=0
2)	Calculate	x10 with X=A/D1
3)	If/Then/Else	igual a 1? with X=Grados
4)	Calculate	°C a °F with C=x10
5)	Set	Temperatura to °C a °F
6)	Else if not	igual a 1?
7)	Set	Temperatura to x10
8)	End If	igual a 1?
9)	Set	Pan-Temp to x10
10)	Add point(s) to	Temp from x10, max. # points=Nº puntos
11)	If/Then	igual a 1? with X=Grabar Temp
12)	Open	Temp1
13)	Output to	Temp1 with Fecha , " , " , Hora , " , " , x10, term.=CRLF
14)	Close	Temp1
15)	End If	igual a 1?

Figura 3: Lista de acciones

Al principio, el ordenador toma el valor del canal adecuado de la tarjeta de adquisición de datos, calcula el valor de temperatura y en función de la unidad seleccionada lo muestra por display en °C o °F, añade el punto a la gráfica y lo almacena en el fichero especificado.

## 4.2 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Existen básicamente dos tipos de hacer las medidas: de forma manual y de forma automática. Para medir de forma manual, basta con hacer clic en el botón que indique medir la variable que nos interesa o en “Medir todo” para medir la señal de todos los sensores, para medir varias veces o distintos sensores simplemente hay que hacer clic varias veces en los botones, mientras que para hacer una medida de forma automática y continua, hay que colocar el conmutador de medida en “medida continua”, y presionar el pulsador “Medir todo”. El panel principal del programa de control se muestra en la figura siguiente:

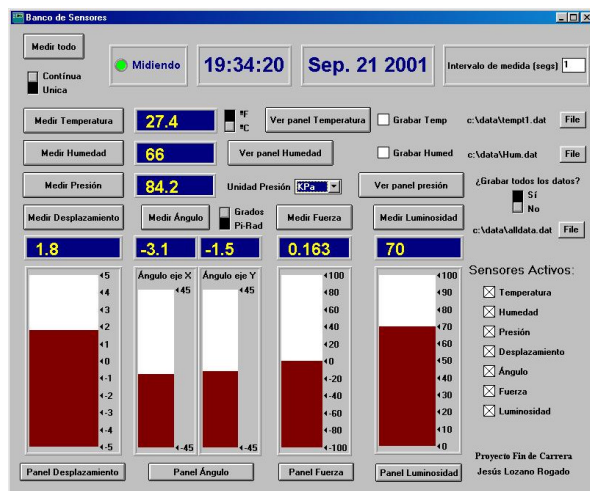


Figura 4. Panel principal del programa de control

El resultado de las medidas realizadas se muestra en unos displays y unas barras en el panel de control. Al medir una variable, se puede seleccionar la unidad de medida que se va a mostrar, por ejemplo la temperatura se puede mostrar en °C y °F, la presión en kilopascales, milímetros de mercurio, bares y atmósferas, etc.

En la parte inferior derecha del panel de control se sitúa un cuadro en el que se seleccionan los sensores que se encuentran activos. Si algún sensor no se encuentra conectado o no interesa su medida, se quita la cruz de su casilla y no ofrece ningún dato ni se almacena en archivo para evitar inducir a error.

También existen un grupo de botones como “Ver panel...” que al pulsarlos abren otro panel secundario en el que se muestra un gráfico con un registro

histórico de los últimos valores de la variable que se ha seleccionado, en la figura 5 se puede observar uno de estos paneles. Debajo de la gráfica que contiene los últimos valores tomados de la variable, en la parte izquierda se sitúa un display con el último valor de dicha variable mientras que en la parte derecha hay un cuadro de texto en el que se puede seleccionar el número de puntos que se van a mostrar en la gráfica. Debajo de éste hay dos botones que respectivamente borran la gráfica y cierran el panel.

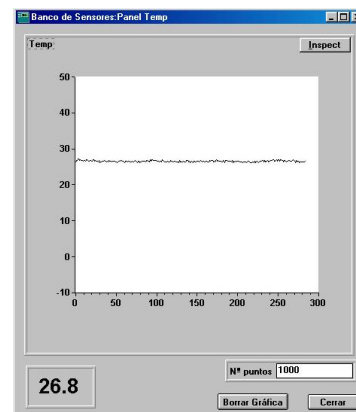


Figura 5. Panel secundario del programa de control.

El programa permite almacenar los datos tomados en un fichero del disco duro. Se pueden guardar los datos de sensores por separado, por ejemplo al seleccionar “Grabar Temp.” se guardan todos los datos tomados de la variable temperatura en el fichero C:\data\tempt1.dat, si se desea guardar estos datos en otro archivo diferente, basta con hacer clic en el botón File, y aparece un cuadro de dialogo en el que especificaremos el nombre del archivo. Lo mismo ocurre con otras variables. También se pueden guardar todos los datos al cambiar un conmutador, de esta forma se guardan las medidas de todos los sensores en el fichero especificado. La forma de guardar los datos es separados por comas, de tal forma que sea más sencillo su posterior importación por algún programa de tratamiento de datos, como hojas de cálculo, etc.

## 5 PRÁCTICAS PROPUESTAS

Como se comentó en la introducción, este banco de pruebas de sensores se ha diseñado para la realización de prácticas de instrumentación y sensores. En estas prácticas, el objetivo es que los alumnos realicen un programa de control similar al mostrado en el apartado 4 y realicen la calibración de los sensores que vayan a utilizar. En principio, este sistema ha sido diseñado para su utilización en el Laboratorio de Instrumentación para hacer prácticas de sistemas de instrumentación y sensores, sin embargo también pueden ser realizadas en un curso de electrónica analógica, analizando todos los

circuitos acondicionadores de señal existentes, midiendo varias magnitudes y observando los cambios realizados en las señales proporcionadas por los sensores.

Los conocimientos previos que debe requerir el alumno para realizar dichas prácticas son:

- Programación de sistemas de instrumentación con tarjetas de adquisición de datos para tomar las medidas. Se suele utilizar Testpoint, LabView, etc.
- Funcionamiento de los sensores utilizados y tablas de calibración de los mismos.
- Funcionamiento de los circuitos acondicionadores de señal de la unidad central del banco de sensores.

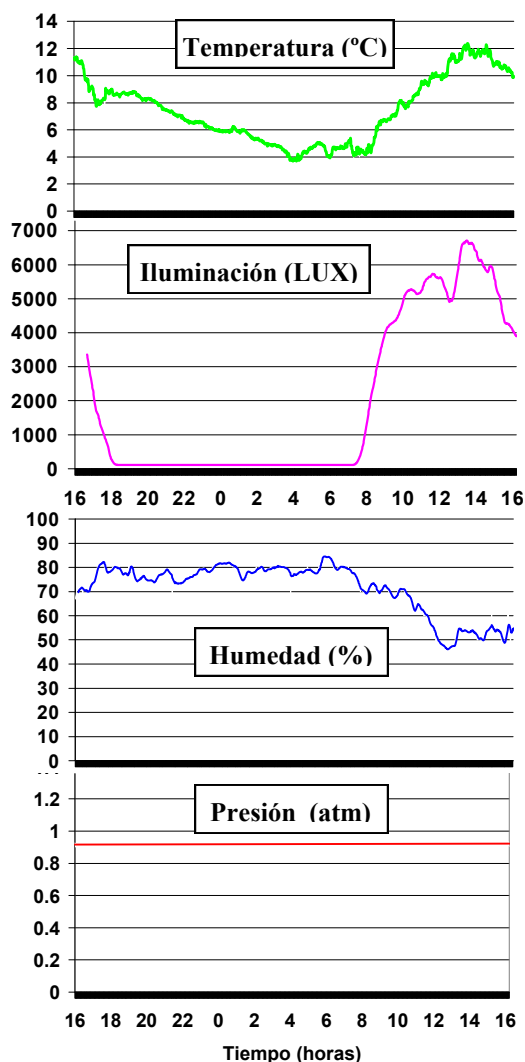


Figure 5: Temperatura, Iluminación, Humedad y Presión frente al tiempo

## 5 RESULTADOS

Una de las aplicaciones nombradas en la introducción es el uso de este sistema como estación meteorológica. Las variables que se han medido son Temperatura, Humedad, Presión y Luminosidad.

El experimento se ha realizado en la facultad de Físicas en Madrid durante un día de invierno. Una vez medidos las variables mencionadas durante un día realizando una medida automática cada 5 minutos, el fichero con los datos se ha importado a Excel para el tratamiento y la representación de los datos. En la figura 5 se observan los datos medidos frente al tiempo.

En esta figura se puede observar que durante las horas de la noche, la temperatura disminuye hasta alcanzar temperaturas de entre 4 y 5°C, mientras que al amanecer, aumenta hasta llegar a unos 12 °C.

Con la iluminación ocurre algo similar, durante la noche la iluminación detectada es cercana a cero, y se puede detectar perfectamente las horas del amanecer y atardecer, que corresponde aproximadamente a las 8 de la mañana y las 6 de la tarde.

El valor de la humedad fluctúa entre el 85 y el 58%, con la salida del sol, el valor de la humedad se sitúa en el mínimo valor, al igual que los picos observados corresponden con pequeñas lluvias acaecidas durante el día en que se hicieron las medidas. El valor de la presión atmosférica se mantiene casi constante durante todo el día.

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la financiación de este trabajo a la Fundación Miguel Casado San José y a la UCM (Programa de innovación docente).

### Referencias.

- [1] Lozano Rogado, J., (2001) "Banco de pruebas de sensores controlado con un PC". Proyecto fin de carrera Ingeniería Electrónica. Universidad Complutense de Madrid.
- [2] Pallás Areny, R., (1998) "Sensores y acondicionadores de señal" Ed. Marcombo.
- [3] Rashid, (1995) "Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones" Ed. Prentice-Hall.
- [4] Peyton, A.J., Walsh, V., (1993) "Analog electronics with Op Amps" Ed. Cambridge University Press.
- [5] Manual de la tarjeta de adquisición de datos Keithley DAS-800.
- [6] Manual de usuario de Testpoint. CEC.